

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



501, 650
15 JUL 2004



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Oktober 2003 (02.10.2003)

PCT

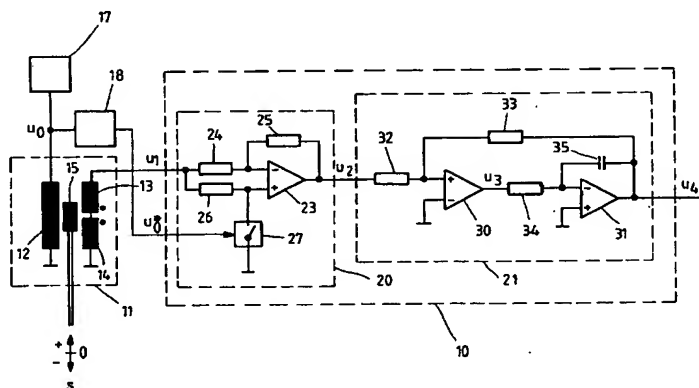
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/081181 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01D 5/00** (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE03/00749** (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PANZER, Karlheinz**
(22) Internationales Anmeldedatum: **8. März 2003 (08.03.2003)** (74) Gemeinsamer Vertreter: **BOSCH REXROTH AG**; Zum
Eisengiesser 1, 97816 Lohr am Main (DE).
(25) Einreichungssprache: **Deutsch** (81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, US.**
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch** (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
(30) Angaben zur Priorität:
102 12 813.8 22. März 2002 (22.03.2002) **DE**
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von **Veröffentlicht:**
US): **BOSCH REXROTH AG** [DE/DE]; Heidehofstrasse
31, 70184 Stuttgart (DE). — **ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-**
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **CIRCUIT ARRANGEMENT FOR RECTIFYING THE OUTPUT VOLTAGE OF A SENSOR THAT IS FED BY AN OSCILLATOR**

(54) Bezeichnung: **SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR GLEICHRICHTUNG DER AUSGANGSSPANNUNG EINES VON EINEM OSZILLATOR GESPEISTEN SENSORS**



(57) Abstract: In a measuring device comprising an oscillator-fed sensor for a non-electrical variable and a circuit arrangement mounted downstream of the sensor for rectifying the output voltage of the sensor, interfering pulses that interfere with the output voltage of the distance sensor and that are rectified together with the output voltage of the distance sensor during rectification, falsify the result of measurement. This is especially so for needle-shaped interfering pulses that have a large amplitude. The aim of the invention is therefore to reduce the aforementioned falsifications of the results of measurements. For this purpose, the output voltage of the sensor is fed to a ramp circuit arrangement wherein the sign of the transmission behavior can be controlled. The sign of the transmission behavior of the ramp circuit arrangement is controlled by a switch signal whose edges correspond to the zero crossings of the output voltage of the sensor. Circuit arrangements of the aforementioned kind can be advantageously used in measuring devices for non-electrical variables with sensors that are fed by an alternating current, for example position transducers with sensors that convert the position of a mobile component to an electric output signal, especially in the form of an electric direct voltage. The mobile component can be the control piston of a pneumatic or hydraulic valve.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Messeinrichtung mit einem von einem Oszillator gespeisten Sensor für eine nichtelektrische Größe und einer dem Sensor nachgeschalteten Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung des Sensors verfälschten Störpuls, die der Ausgangsspannung des Wegaufnehmers überlagert

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/081181 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

sind und die bei der Gleichrichtung zusammen mit der Ausgangsspannung des Wegaufnehmers gleichgerichtet werden, das Messergebnis. Dies gilt insbesondere für nadelförmige Störimpulse mit grosser Amplitude. Um derartige Verfälschungen des Messergebnisses zu verringern, ist die Ausgangsspannung des Sensors einer rampenbildenden Schaltungsanordnung zugeführt, bei der das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens steuerbar ist. Das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens der rampenbildenden Schaltungsanordnung ist durch ein Schaltsignal gesteuert, dessen Flanken mit den Nulldurchgängen der Ausgangsspannung des Sensors übereinstimmen. Derartige Schaltungsanordnungen lassen sich vorteilhaft in Messeinrichtungen für nichtelektrische Grössen mit Sensoren, die von einem Wechselstrom gespeist sind, einsetzen. Hierzu gehören z. B. Wegmessumformer mit Sensoren, die die Position eines beweglichen Bauteils in ein elektrisches Ausgangssignal, insbesondere in Form einer elektrischen Gleichspannung umformen. Bei dem beweglichen Bauteil kann es sich um den Steuerkolben eines pneumatischen oder hydraulischen Ventils handeln.

Beschreibung

Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung eines von einem Oszillator gespeisten Sensors

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung eines von einem Oszillator gespeisten Sensors für eine nichtelektrische Größe, deren Amplitude und Phasenlage ein Maß für die nichtelektrische Größe ist.

Derartige Schaltungsanordnungen bilden zusammen mit einem Sensor und einem Oszillator, der den Sensor speist, eine Meßeinrichtung, die eine nichtelektrische Größe, z. B. einen Weg oder einen Druck in eine elektrische Größe, insbesondere in eine elektrische Spannung, umformt, die ein Maß für die nichtelektrische Größe ist. Der Oszillator speist den Sensor mit einer Wechselspannung, deren Frequenz und Amplitude konstant sind. Die nichtelektrische Größe beeinflusst das Übertragungsverhalten des Sensors. Die Amplitude und die Phasenlage der Ausgangsspannung sind daher ein Maß für die zu messende nichtelektrische Größe. Bei dem Sensor kann es sich z. B. um einen induktiv oder kapazitiv arbeitenden Wegaufnehmer handeln, dessen Übertragungsverhalten durch die Auslenkung eines Koppelglieds änderbar ist. Die in Form einer modulierten Wechselspannung vorliegende Ausgangsspannung des Sensors wird zur weiteren Verarbeitung in eine Gleichspannung umgeformt. Die entsprechend der Auslenkung des Koppelglieds modulierte Wechselspannung wird dabei so umgeformt, daß das Vorzeichen und die Höhe der Gleichspannung ein Maß für die

Position des Koppelglieds sind. Die Ausgangsspannung des Sensors setzt sich aus dem im Folgenden als Nutzsignal bezeichneten, entsprechend der Auslenkung des Koppelglieds modulierten Trägersignal und aus diesem überlagerten Störsignalen zusammen. Die Störsignale werden insbesondere über die ausgangsseitigen Leitungen des Sensors oder über andere, mit diesen in Verbindung stehende Leitungen aufgenommen. Die Frequenz der Störsignale ist in der Regel deutlich höher als die Frequenz des Nutzsignals. Dem Nutzsignal überlagerte Störimpulse werden zusammen mit dem Nutzsignal der Schaltungsanordnung zur Umformung der Ausgangsspannung des Sensors in eine Gleichspannung zugeführt. Die Störsignale werden zusammen mit Nutzsignal gleichgerichtet und verfälschen daher das Meßergebnis. Dies gilt in besonderem Maße für nadelförmige Störimpulse mit großer Amplitude.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine Verfälschung des Meßergebnisses durch dem Nutzsignal überlagerte Störsignalanteile der der Schaltungsanordnung zugeführten Spannung verringert.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Der in Verbindung mit der Gleichrichtung der Ausgangsspannung des Sensors eingesetzte Rampenbildner wirkt als nichtlineares Filter, das insbesondere Störimpulse mit steilem Anstieg und großer Amplitude begrenzt, die im Kleinsignalbereich liegenden Nutzsignale dagegen ungehindert weiterleitet. Diese Maßnahmen verbessern die Signalgüte der gleichgerichteten Spannung und verbessern damit auch die

EMV-Eigenschaften einer aus dem Sensor und der Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung des Sensors gebildeten Meßeinrichtung. Die Buchstaben EMV sind in diesem Zusammenhang eine übliche Abkürzung für „elektromagnetische Verträglichkeit“.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet. In den Ansprüchen 2 und 3 sind Maßnahmen zur Erzeugung des Vorzeichens des Übertragungsverhaltens steuernden Schaltsignals aus der Ausgangsspannung des Oszillators angegeben. In den Ansprüchen 4 bis 18 sind verschiedene Möglichkeiten für die Realisierung von rampenbildenden Schaltungsanordnungen angegeben, bei denen das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens steuerbar ist. In den Ansprüchen 4 bis 13 sind Einzelheiten von derartigen Schaltungsanordnungen angegeben, die aus einer Verstärkerschaltung mit steuerbarem Vorzeichen des Verstärkungsfaktors und einem nachgeschalteten Rampenbildner ohne Vorzeichenumschaltung bestehen. Die Ansprüche 5 und 6 betreffen Ausgestaltungen einer Verstärkerstufe mit steuerbarem Vorzeichen des Verstärkungsfaktors. Die Ansprüche 7 bis 9 betreffen Ausgestaltungen von Rampenbildnern mit invertierendem Übertragungsverhalten. Die Ansprüche 10 bis 13 betreffen Ausgestaltungen von Rampenbildnern mit nichtinvertierendem Übertragungsverhalten. In den Ansprüchen 14 bis 18 sind Einzelheiten von Rampenbildnern angegeben, bei denen die Steuerung des Vorzeichens des Übertragungsverhaltens in den Rampenbildner integriert ist. Ein vorgeschalteter gesonderter Verstärker mit umschaltbaren Vorzeichen des Verstärkungsfaktors wird bei dieser Ausgestaltung nicht benötigt. Die Maßnahmen des Anspruchs 17 ermöglichen

es, sowohl für ansteigende als auch für abfallende Signale die gleiche Rampensteilheit vorzusehen. Der im Anspruch 18 angegebene Kondensator vermeidet ein undefiniertes Schwingverhalten, wenn dem Rampenbildner kleine Eingangssignale zugeführt werden. Damit der Nutzanteil der Ausgangsspannung des Sensors durch den Rampenbildner nicht verfälscht wird, ist die Rampensteilheit gemäß dem Anspruch 19 in vorteilhafter Weise so gewählt, daß sie größer als die maximale Steilheit des Nutzsignals ist. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die Rampensteilheit im Sinne einer besseren Begrenzung von Störimpulsen möglichst klein gewählt wird. Eine zusätzliche Glättung von Oberwellen der Ausgangsspannung des Rampenbildners erfolgt gemäß den Ansprüchen 20 bis 22 durch nachgeschaltete lineare Filter, z. B. in Form von aktiven Tiefpaßfiltern, die in vorteilhafter Weise als Besselfilter ausgebildet sind. Diese Filter lassen sich anders als nichtlineare Filter auf einfache Weise so dimensionieren, daß die Grenzfrequenz einen gewünschten Wert aufweist. Eine Anpassungsschaltung gemäß dem Anspruch 23 verstärkt das Ausgangssignal des Sensors. Eine weitere Anpassungsschaltung gemäß dem Anspruch 24 ermöglicht die Verwendung unterschiedlicher Bezugspotentiale für den Sensor und für die diesem nachgeschaltete Schaltungsanordnung. Im Anspruch 25 ist eine vorteilhafte Ausgestaltung einer Anpassungsschaltung nach den Ansprüchen 23 oder 24 angegeben, die symmetrische Störungen der Ausgangsspannung des Sensors unterdrückt. In den Ansprüchen 26 und 27 sind verschiedene Ausgestaltungen eines Sensors zur Erfassung der nichtelektrischen Größe angegeben.

Die Erfindung wird im Folgenden mit ihren weiteren Einzelheiten anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 einen von einem Oszillator gespeisten Sensor, der als induktiver Wegaufnehmer ausgebildet ist, und eine erste, diesem nachgeschaltete Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung des Wegaufnehmers gemäß der Erfindung,

Figur 2 einen nichtinvertierenden Rampenbildner,

Figur 3 eine Ausgestaltung des in der Figur 2 dargestellten nichtinvertierenden Rampenbildners,

Figur 4 eine zweite erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung eines von einem Oszillator gespeisten Sensors mit einem Rampenbildner, der ausgehend von dem in der Figur 3 dargestellten Rampenbildner von nichtinvertierendem auf invertierendes Übertragungsverhalten umschaltbar ist,

Figur 5 einen als induktiver Wegaufnehmer ausgebildeten Sensor, der von einem Oszillator gespeist ist, einen gegenüber der Figur 4 weitergebildeten Rampenbildner und ein diesem nachgeschaltetes lineares Filter,

Figur 6 eine Anpassungsschaltung, die zwischen einem als induktiven Wegaufnehmer ausgebildeten Sensor und einer Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der ihr zugeführten Spannung angeordnet ist und

Figur 7 einen Sensor in Form eines kapazitiven Wegaufnehmers und eine diesem nachgeschaltete Anpassungsschaltung.

Die Figur 1 zeigt das Prinzipschaltbild eines Wegmeßumformers mit einer ersten gleichrichtenden und rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 gemäß der Erfindung. Derartige Wegmeßumformer werden z. B. verwendet, um die Auslenkung des Steuerkolbens eines pneumatischen oder hydraulischen Ventils aus seiner Mittellage in ein elektrisches Signal umzuformen. Der Schaltungsanordnung 10 ist die Ausgangsspannung u_1 eines Sensors in Form eines induktiven Wegaufnehmers 11 zugeführt. Der Wegaufnehmer 11 ist mit einer Primärwicklung 12 und zwei Sekundärwicklungen 13 und 14 versehen. Zwischen der Primärwicklung 12 und den Sekundärwicklungen 13, 14 ist ein verschiebbarer ferromagnetischer Kern 15 angeordnet, dessen Position mit s bezeichnet ist. Der Kern 15 ist aus seiner in der Figur 1 dargestellten Mittellage nach oben oder nach unten auslenkbar. In der Mittellage des Kerns 15 ist $s = 0$. Auslenkungen nach oben werden im Folgenden als positive Werte von s bezeichnet. Entsprechend werden Auslenkungen nach unten als negative Werte von s bezeichnet. Der Primärwicklung 12 ist die Ausgangsspannung u_0 eines Oszillators 17 zugeführt, deren zeitlicher Verlauf in diesem Ausführungsbeispiel sinusförmig sei. Möglich ist aber auch z. B. ein dreieckförmiger oder

rechteckförmiger Verlauf der Ausgangsspannung u_0 des Oszillators 17. Die Windungen der Sekundärwicklungen 13 und 14 sind so angeordnet, daß die in ihnen induzierten Spannungen gegeneinander gerichtet sind. Befindet sich bei $s = 0$ der Kern 15 in der Mittellage, sind die in den Sekundärwicklungen 13 und 14 induzierten Spannungen betragsmäßig gleich groß. Da die Spannungen der Sekundärwicklungen aber gegeneinander gerichtet sind, ist die Amplitude der resultierenden Spannung u_1 gleich Null. Betrachtet man zunächst eine positive Auslenkung des Kerns 15, so erhöht sich die Amplitude der Spannung u_1 , wenn der Kern 15 weiter in positiver Richtung ausgelenkt wird. Die Spannung u_1 ist im Idealfall, also bei einem Wegaufnehmer in Form eines idealen Übertragers, mit der Spannung u_0 in Phase. In der Praxis kann jedoch in der Regel nicht von einem idealen Übertrager ausgegangen werden. Die Spannung u_1 ist daher in der Praxis um einen festen Winkel $\Delta\phi$, dessen Größe durch den Aufbau des Wegaufnehmers bestimmt ist, gegenüber der Spannung u_0 verschoben. Die Phasenverschiebung $\Delta\phi$ ist unabhängig von der Größe der Auslenkung des Kerns 15 und liegt in einer Größenordnung von 10° . Bei negativer Auslenkung des Kerns 15 ist die Phasenlage der Spannung u_1 um 180° gegenüber dem Wert $\Delta\phi$, der sich bei positiver Auslenkung des Kerns 15 ergibt, verschoben. Es handelt es sich hier um eine Phasenverschiebung der Spannung u_1 gegenüber der Spannung u_0 , die nur von der Richtung der Auslenkung des Kerns 15 abhängig ist. Bei der Auslenkung des Kerns 15 des Wegaufnehmers 11 kann es sich, wie in der Figur 1 dargestellt, um eine Längsbewegung aber z. B. auch um eine Drehbewegung handeln.

Die Ausgangsspannung u_0 des Oszillators 17 ist außerdem einem Signalformer 18 zugeführt. Der Signalformer 18 weist zusätzlich zu einer Komparatorfunktion eine Totzeit Δt auf. Der Signalformer 18 erzeugt in den Nulldurchgängen der Spannung u_0 ein Schaltsignal und verschiebt dessen Flanken um die Totzeit Δt . Die Dauer der Totzeit Δt ist dabei so bemessen, daß - unter Berücksichtigung der Frequenz der Spannung u_0 - die Flanken des resultierenden Schaltsignals, das im Folgenden mit u_0^* bezeichnet ist, gegenüber den Nulldurchgängen der Spannung u_0 um den Winkel $\Delta\phi$ verschoben ist. Dies bedeutet, daß die Flanken des Schaltsignals u_0^* mit den Nulldurchgängen des Nutzsignalanteils der Spannung u_1 übereinstimmen. Diese Art der Erzeugung des Schaltsignals u_0^* hat gegenüber einer direkten Erzeugung des Schaltsignals aus der Spannung u_1 den Vorteil, daß die Phasenlage des Schaltsignals eindeutig an die Spannung u_0 gekoppelt ist und daß auch dann ein als Schaltsignal geeignetes Signal zur Verfügung steht, wenn die Amplitude der Spannung u_1 sehr klein oder gleich Null ist.

Die in der Figur 1 dargestellte rampenbildende Schaltungsanordnung 10 besteht aus einer Verstärkerschaltung 20 mit steuerbarem Vorzeichen des Verstärkungsfaktors und einem dieser nachgeschalteten Rampenbildner 21 mit invertierendem Übertragungsverhalten. Die Verstärkerschaltung 20 weist einen Operationsverstärker 23 auf, dessen Ausgangsspannung mit u_2 bezeichnet ist. Die Spannung u_2 ist gleichzeitig die Ausgangsspannung der Verstärkerschaltung 20. Dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 23 sind die Spannung u_1 über einen Widerstand 24 und die Spannung u_2 über einen Widerstand

25 zugeführt. Dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 23 ist die Spannung u_1 über einen Widerstand 26 zugeführt. Zusätzlich ist zwischen dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 23 und Bezugspotential ein elektronischer Schalter 27 angeordnet. Dem elektronischen Schalter 27 ist das Schaltsignal u_0^* als Steuersignal zugeführt. Bei geschlossenem Schalter 27 ist der nichtinvertierende Eingang des Operationsverstärkers 23 mit Bezugspotential verbunden. Die Verstärkerschaltung 20 verhält sich bei geschlossenem Schalter 27 wie ein invertierender Verstärker. Sind die Widerstände 24 und 25 gleich groß gewählt, beträgt der Verstärkungsfaktor $V = -1$, d. h. für die Spannung u_2 gilt die Beziehung $u_2 = -u_1$. Ist dagegen der Schalter 27 geöffnet, verhält sich die Verstärkerschaltung 20 wie ein nichtinvertierender Verstärker mit dem Verstärkungsfaktor $V = +1$, d. h. für die Spannung u_2 gilt die Beziehung $u_2 = u_1$.

Der Rampenbildner 21 weist zwei Operationsverstärker 30 und 31 auf, deren Ausgangsspannungen mit u_3 bzw. u_4 bezeichnet sind. Die Spannung u_4 ist gleichzeitig die Ausgangsspannung des Rampenbildners 21 sowie der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10. Dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 sind die Spannung u_2 über einen Widerstand 32 und die Spannung u_4 über einen Widerstand 33 zugeführt. Damit die Spannungen u_2 und u_4 im eingeschwungenen Zustand betragsmäßig gleich groß sind, sind die Widerstände 32 und 33 gleich groß gewählt. Der invertierende Eingang des Operationsverstärkers 30 ist mit Bezugspotential verbunden. Dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 31 sind die Spannung u_3 über einen Widerstand 34 und die Spannung u_4 über einen

Kondensator 35 zugeführt. Der nichtinvertierende Eingang des Operationsverstärkers 31 ist mit Bezugspotential verbunden. Der Operationsverstärker 31, der Widerstand 34 und der Kondensator 35 bilden in an sich bekannter Weise einen Integrator. Die Anstiegsgeschwindigkeit der Spannung u_4 ist durch die Größe des Widerstands 34 und des Kondensators 35, die die Zeitkonstante des Integrators bilden, und die Höhe der dem Widerstand 34 zugeführten Spannung u_3 bestimmt. Bei einer sprungförmigen Änderung der Spannung u_2 ist die Spannung u_3 gleich der positiven oder der negativen Versorgungsspannung des Operationsverstärkers 30, je nachdem ob die Differenz zwischen den Spannungen u_2 und u_4 positiv oder negativ ist. Die Spannung u_4 folgt der Spannung u_2 nach einer Rampenfunktion, bis die Spannung u_4 - wegen des invertierenden Übertragungsverhaltens des Rampenbildners 21 - gleich $-u_2$ ist. Eine Begrenzung von in der Spannung u_2 enthaltenen Störsignalen erfolgt erfindungsgemäß durch den Rampenbildner 21. Diese Begrenzung ist besonders bei nadelförmig ausgebildeten Störsignalen wirksam. Die Rampensteilheit des Rampenbildners 21 ist so gewählt, daß sie im Hinblick auf eine wirksame Begrenzung von Störungen möglichst klein ist, jedoch im Hinblick auf eine im Wesentlichen unbeeinflusste Weiterleitung des Nutzsignals der Ausgangsspannung u_1 des Wegaufnehmers 11 größer als die maximale Steilheit des Nutzsignals ist. Zur Verringerung von Nullpunktfehlern kann zwischen den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 und Bezugspotential sowie zwischen den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 31 und Bezugspotential je ein in der Figur 1 nicht dargestellter Widerstand geschaltet werden.

Die Figur 2 zeigt einen Rampenbildner 38 mit nichtinvertierendem Übertragungsverhalten, der anstelle des in der Figur 1 dargestellten Rampenbildners 21 mit invertierendem Übertragungsverhalten einsetzbar ist. Soweit in der Figur 2 dargestellte Bauteile mit denen der Figur 1 übereinstimmen, sind sie mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Spannung u_2 ist dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 direkt zugeführt. Da der Rampenbildner 38 nichtinvertierendes Übertragungsverhalten aufweist, ist die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers 31, die zugleich die Ausgangsspannung des Rampenbildners 38 ist, nicht mit u_4 sondern mit u_6 bezeichnet. Aus dem gleichen Grund ist die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers 30 nicht mit u_3 sondern mit u_5 bezeichnet. Zur Verringerung von Nullpunktfehlern kann zwischen den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 31 und Bezugspotential ein in der Figur 2 nicht dargestellter Widerstand geschaltet werden.

Die Figur 3 zeigt einen weiteren Rampenbildner 39 mit nichtinvertierendem Übertragungsverhalten. Gegenüber dem in der Figur 2 dargestellten Rampenbildner 38 sind drei weitere Widerstände 41, 42 und 43 vorgesehen. Diese drei Widerstände bewirken keine grundsätzliche Änderung des Übertragungsverhaltens des Rampenbildners 39 gegenüber demjenigen des Rampenbildners 38. Für die Ausgangsspannungen der Operationsverstärker 30 und 31 werden deshalb wie in der Figur 2 die Bezeichnungen u_5 bzw. u_6 verwendet. Da über den Widerstand 41 kein Strom fließt, fällt an ihm keine Spannung ab, so daß die dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 zugeführte Spannung auch in diesem Fall gleich u_2 ist. Die dem

nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 zugeführte Spannung stellt sich so ein, daß sie gleich der dem invertierenden Eingang zugeführten Spannung u_2 ist. Dies ist dann der Fall, wenn die Spannung u_6 gleich der Spannung u_2 ist. Wie unten anhand der Figur 4 im Einzelnen erläutert ist, erhält man einen Rampenbildner mit invertierendem Übertragungsverhalten, wenn man den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 mit Bezugspotential verbindet. Bis auf den Widerstand 41, an dem in diesem Fall die Spannung u_2 abfällt, entspricht ein derartiger Rampenbildner dem in der Figur 1 dargestellten Rampenbildner 21. Auch in dieser Schaltungsanordnung kann zur Verringerung von Nullpunktfehlern zwischen den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 31 und Bezugspotential ein in der Figur 3 nicht dargestellter Widerstand geschaltet werden.

Die Figur 4 zeigt einen von nichtinvertierendem auf invertierendes Übertragungsverhalten umschaltbaren Rampenbildner 45, dessen Ausgangsspannung mit u_8 bezeichnet ist. Bei diesem Rampenbildner handelt es sich um eine Ausgestaltung des in der Figur 3 dargestellten Rampenbildners 39, bei dem zusätzlich ein elektronischer Schalter 46 zwischen dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 30 und Bezugspotential angeordnet ist. Ist der Schalter 46 geschlossen, weist der Rampenbildner 45 invertierendes Übertragungsverhalten auf, d. h. das Vorzeichen der Spannung u_8 ist entgegengesetzt zu dem Vorzeichen der dem Rampenbildner 45 als Eingangsspannung zugeführten Spannung u_1 gerichtet. Ist der Schalter 46 dagegen geöffnet, weist der Rampenbildner 45 nichtinvertierendes Übertragungsverhalten auf, d. h. das Vorzeichen der Spannung

u_8 ist gleich dem Vorzeichen der Spannung u_1 . Damit die Spannungen u_1 und u_8 auch bei invertierendem Übertragungsverhalten im eingeschwungenen Zustand betragsmäßig gleich groß sind, sind die Widerstände 42 und 43 gleich groß gewählt. Da - wie oben ausgeführt - das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens des Rampenbildners 45 umschaltbar ist, kann die aus der Verstärkerschaltung 20 und einem der Rampenbildner 21 oder 38 ohne Vorzeichenumschaltung gebildete rampenbildende Schaltungsanordnung 20 durch den gesteuerten Rampenbildner 45 ersetzt werden, bei dem die Umschaltung des Vorzeichens des Übertragungsverhaltens bereits in den Rampenbildner integriert ist. Da in diesem Fall die in der Figur 1 dargestellte Verstärkerschaltung 20 nicht erforderlich ist, ist dem Rampenbildner 45 die Ausgangsspannung u_1 des Wegaufnehmers 11 als Eingangsspannung zugeführt. Die Steuerung des Schalters 46 und damit des Vorzeichens des Übertragungsverhaltens des Rampenbildners 45 erfolgt durch das Schaltsignal u_0^* . Auch in dieser Schaltungsanordnung kann zur Verringerung von Nullpunktfehlern zwischen den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 31 und Bezugspotential ein in der Figur 4 nicht dargestellter Widerstand geschaltet werden.

Die Figur 5 zeigt das Prinzipschaltbild eines weiteren Wegmeßumformers. Bei diesem Wegmeßumformer ist die Ausgangsspannung u_1 des von dem Oszillator 17 gespeisten induktiven Wegaufnehmers 11 einem erfindungsgemäßen Rampenbildner 48 zugeführt, bei dem das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens steuerbar ist. Dem Rampenbildner 48 ist ein lineares Filter 50 nachgeschaltet. Bei dem Rampenbildner 48 handelt es sich um eine Ausgestaltung des in der Figur 4 dargestellten Ram-

penbildners 45. Soweit in der Figur 5 dargestellte Bauteile mit denen der Figuren 1 und 4 übereinstimmen, sind sie mit den gleichen Bezugszeichen wie dort versehen. Zwischen dem Ausgang des Operationsverstärkers 30 und dem Widerstand 34 ist ein weiterer Widerstand 51 angeordnet. Der Verbindungspunkt der beiden Widerstände ist mit dem Bezugszeichen 52 versehen. Der Schaltungspunkt 52 ist über eine Diode 54 mit einer negativen Hilfsspannung $-U_H$ und über eine weitere Diode 55 mit einer betragsmäßig gleich großen positiven Hilfsspannung $+U_H$ verbunden. Die Hilfsspannungen $-U_H$ und $+U_H$ begrenzen die mit u_9 bezeichnete Spannung an dem Schaltungspunkt 52, die dem aus dem Operationsverstärker 31, dem Widerstand 34 und dem Kondensator 35 gebildeten Integrator zugeführt ist, auf einen Wert, der bei negativem Vorzeichen der Spannung u_7 um die Durchlaßspannung der Diode 54 kleiner als die Hilfsspannung $-U_H$ und bei positivem Vorzeichen der Spannung u_7 um die Durchlaßspannung der Diode 55 größer als die Hilfsspannung $+U_H$ ist. Damit ist dafür gesorgt, daß die Rampensteilheit sowohl für ansteigende als auch für abfallende Signale gleich groß ist. Der Betrag der Hilfsspannungen $-U_H$ und $+U_H$ ist kleiner gewählt als die Spannung u_7 bei Übersteuerung des Operationsverstärkers 30. Parallel zu der Reihenschaltung der Widerstände 34 und 51 ist ein Kondensator 58 angeordnet. Der Kondensator 58 vermeidet ein undefiniertes Schwingverhalten des Rampenbildners 48, wenn die seinem Eingang zugeführten Signale klein sind. Zur Verringerung von Nullpunktfehlern kann zwischen den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers 31 und Bezugspotential ein in der Figur 5 nicht dargestellter Widerstand geschaltet werden.

Bei der Spannung u_8 handelt es sich um eine Gleichspannung, der Oberwellen mit der doppelten Frequenz der Ausgangsspannung u_0 des Oszillators 17 überlagert sind. Das dem Rampenbildner 48 nachgeschaltete lineare Filter 50 glättet diese Oberwellen der Spannung u_8 in an sich bekannter Weise. Bei dem Filter 50 handelt es sich um ein aktives Tiefpaßfilter zweiter Ordnung mit Einfachmitkopplung, das vorzugsweise als Besselfilter ausgebildet ist. Das Filter 50 enthält einen Operationsverstärker 60, zwei Widerstände 61 und 62 sowie zwei Kondensatoren 63 und 64. Ein derartiges Filter ist z. B. aus dem Buch von Tietze - Schenk „Halbleiter-Schaltungstechnik“, Springer-Verlag 1986, 8. überarbeitete Auflage, Seiten 405 bis 407, insbesondere Abb. 14.22 auf Seite 406, bekannt. Die Ausgangsspannung des Tiefpaßfilters 50 ist mit u_{10} bezeichnet. Die Spannung u_{10} ist ein Maß für die Auslenkung des Kerns 15 des induktiven Wegaufnehmers 11. Die Polarität der Spannung u_{10} ist dabei ein Maß für die Richtung der Auslenkung und die Höhe der Spannung u_{10} ist ein Maß für die Größe der Auslenkung des Kern 15 aus seiner Mittelstellung. Ist eine stärkere Glättung der Oberwellen erforderlich, können dem Filter 50 weitere derartige Filter nachgeschaltet werden.

Die Figur 6 zeigt eine Abwandlung der in der Figur 1 dargestellten Schaltungsanordnung. Zwischen einem induktiven Wegaufnehmer 11' und der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 ist eine Anpassungsschaltung 68 angeordnet. Die Anpassungsschaltung 68 weist einen Operationsverstärker 69 sowie vier Widerstände 71, 72, 73 und 74 auf. Die Anpassungsschaltung 68 sowie die rampenbildende Schaltungsanordnung 10 besitzen ein anderes Bezugspotential als der Wegaufnehmer 11'. In der

Figur 6 ist das Bezugspotential der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 mit M_{10} bezeichnet, das Bezugspotential des Wegaufnehmers 11' ist mit $M_{11'}$ bezeichnet. Die Anpassungsschaltung 68 besitzt dasselbe Bezugspotential M_{10} wie die rampenbildenden Schaltungsanordnung 10. Die mit u_{13} und u_{14} bezeichneten Ausgangsspannungen des Wegaufnehmers 11' sind den Widerständen 71 bzw. 72 als Eingangsspannung zugeführt. Die Anpassungsschaltung 68 formt die Differenz zwischen den Spannungen u_{13} und u_{14} in die Spannung u_1 um, die auf das Bezugspotential M_{10} bezogen ist. Die Spannungen u_1 und u_0^* sind wie in der Figur 1 dem Eingang der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 zugeführt. Die Ausgangsspannung der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 ist wie in der Figur 1 mit u_4 bezeichnet. Die Anpassungsschaltung 68 entkoppelt die Bezugspotentiale des Wegaufnehmers 11' und der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10. Dabei bestimmt das Verhältnis der Widerstände 71 und 73 den Verstärkungsfaktor der Anpassungsschaltung 68. Der Verstärkungsfaktor kann sowohl Werte kleiner als 1 als auch größer als 1 sowie gleich 1 annehmen. Der Verstärkungsfaktor erlaubt eine Normierung der Signalpegel. Alternativ zu der in der Figur 1 dargestellten rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 kann in der Figur 6 die in der Figur 5 dargestellte rampenbildende Schaltungsanordnung 48 eingesetzt werden.

Die Figur 7 zeigt eine der Figur 6 entsprechende Schaltungsanordnung, bei der der Sensor für die nichtelektrische Größe als kapazitiver Wegaufnehmer 78 ausgebildet ist. Der kapazitive Wegaufnehmer 78 ist von der Ausgangsspannung u_0 des Oszillators 17 gespeist. Der kapazitive Wegaufnehmer 78 weist

zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren 79 und 80 auf. Die Kapazität der Kondensatoren ist mit C_1 bzw. C_2 bezeichnet. Der gemeinsame Schaltungspunkt der Kondensatoren 79 und 80 ist mit dem Bezugszeichen 82 versehen. Die nichtelektrische Größe in Form eines Wegs s lenkt die Elektroden der Kondensatoren 79 und 80 mechanisch derart aus, daß sich ihre Kapazitäten C_1 und C_2 entsprechend der Auslenkung gegenläufig ändern. Die Spannung des Schaltungspunktes 82 ist mit u_{82} bezeichnet. Sie ändert sich entsprechend dem Weg s . Parallel zu den Kondensatoren 79 und 80 ist die Reihenschaltung von zwei Widerständen 83 und 84 angeordnet. Der gemeinsame Schaltungspunkt der Widerstände 83 und 84 ist mit dem Bezugszeichen 85 versehen. Die Spannung des Schaltungspunktes 85 ist mit u_{85} bezeichnet. Sie ist durch das Verhältnis der Widerstände 83 und 84 bestimmt. Die Ausgangsspannung des kapazitiven Wegaufnehmers 78 ist durch die Differenz der Spannungen u_{82} und u_{85} bestimmt. Die Spannungen u_{82} und u_{85} sind der Anpassungsschaltung 68 zugeführt. Die Anpassungsschaltung 68 bildet aus den Spannungen u_{82} und u_{85} die Spannung u_1 , die der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 als Eingangsspannung zugeführt ist. Die Spannung u_1 entspricht somit der Differenz der Spannungen u_{82} und u_{85} . In diesem Ausführungsbeispiel ist das Bezugspotential des Wegaufnehmers 78 gleich dem Bezugspotential M_{10} der rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 und der Anpassungsschaltung 68. Alternativ zu der in der Figur 1 dargestellten rampenbildenden Schaltungsanordnung 10 kann auch in der Figur 7 die in der Figur 5 dargestellte rampenbildende Schaltungsanordnung 48 eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Gleichrichtung der Ausgangsspannung eines von einem Oszillator gespeisten Sensors für eine nichtelektrische Größe, deren Amplitude und Phasenlage ein Maß für die nichtelektrische Größe ist, **dadurch gekennzeichnet,**

- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) einer rampenbildenden Schaltungsanordnung (10; 45; 48) zugeführt ist,
- daß das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens der rampenbildenden Schaltungsanordnung (10; 45; 48) steuerbar ist und
- daß die Steuerung des Vorzeichens des Übertragungsverhaltens der rampenbildenden Schaltungsanordnung (10; 45; 48) durch ein Schaltsignal (u_0^*) erfolgt, dessen Flanken mit den Nulldurchgängen der Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) übereinstimmen.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein Signalformer (18) mit Komparatorfunktion und Totzeit die Ausgangsspannung (u_0) des Oszillators (17) in das Schaltsignal (u_0^*) umformt.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Totzeit des Signalformers (18) die Phasenlage des Schaltsignals (u_0^*) derart um einen Winkel gegenüber der Ausgangsspannung (u_0) des Oszillators (17) verschiebt, daß die Flanken des Schaltsignals (u_0^*) mit den Nulldurch-

gängen der Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) übereinstimmen.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,**

- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) einer Verstärkerschaltung (20) mit steuerbarem Vorzeichen des Verstärkungsfaktors zugeführt ist,
- daß das Vorzeichen des Verstärkungsfaktors der Verstärkerschaltung (20) in Abhängigkeit von dem Schaltsignal (u_0^*) gesteuert ist und
- daß der Verstärkerschaltung (20) ein Rampenbildner (21; 38) nachgeschaltet ist, bei dem keine Vorzeichenumschaltung erfolgt.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,**

- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) dem invertierenden Eingang eines ersten Operationsverstärkers (23) über einen ersten Widerstand (24) zugeführt ist,
- daß die Ausgangsspannung (u_2) des ersten Operationsverstärkers (23) seinem invertierenden Eingang über einen zweiten Widerstand (25) zugeführt ist,
- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) dem nichtinvertierenden Eingang des ersten Operationsverstärkers (23) über einen dritten Widerstand (26) zugeführt ist und
- daß der nichtinvertierende Eingang des ersten Operationsverstärkers (23) über einen von einem Schaltsignal (u_0^*) gesteuerten Schalter (27) mit Bezugspotential verbunden ist.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste (24) und der zweite (25) Widerstand gleich groß sind.

7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rampenbildner (21) invertierendes Übertragungsverhalten aufweist.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß der Rampenbildner (21) einen zweiten (30) und einen dritten (31) Operationsverstärker aufweist,
- daß dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) die Ausgangsspannung (u_2) der Verstärkerschaltung (20) über einen vierten Widerstand (32) und die Ausgangsspannung (u_4) des dritten Operationsverstärkers (31) über einen fünften Widerstand (33) zugeführt sind,
- daß der invertierende Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) mit Bezugspotential verbunden ist,
- daß dem invertierenden Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) seine Ausgangsspannung (u_4) über einen Kondensator (35) und die Ausgangsspannung (u_3) des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen sechsten Widerstand (34) zugeführt sind und
- daß der nichtinvertierende Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) mit Bezugspotential verbunden ist.

9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vierte (32) und der fünfte (33) Widerstand gleich groß sind.

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rampenbildner (38) nichtinvertierendes Übertragungsverhalten aufweist.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß der Rampenbildner (38) einen zweiten (30) und einen dritten (31) Operationsverstärker aufweist,
- daß dem invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) die Ausgangsspannung (u_2) der Verstärkerschaltung (20) zugeführt ist,
- daß dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) die Ausgangsspannung (u_6) des Rampenbildners (38) zugeführt ist,
- daß dem invertierenden Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) seine Ausgangsspannung (u_6) über einen Kondensator (35) und die Ausgangsspannung (u_5) des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen sechsten Widerstand (34) zugeführt sind und
- daß der nichtinvertierende Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) mit Bezugspotential verbunden ist.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß die Ausgangsspannung (u_2) der Verstärkerschaltung (20) dem invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen siebten Widerstand (41) zugeführt ist,
- daß die Ausgangsspannung (u_2) der Verstärkerschaltung (20) dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Operations-

- verstärkers (30) über einen achten Widerstand (42) zugeführt ist,
- daß zwischen dem Ausgang des dritten Operationsverstärkers (31) und dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) ein neunter Widerstand (43) angeordnet ist,
 - daß dem invertierenden Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) seine Ausgangsspannung (u_6) über einen Kondensator (35) und die Ausgangsspannung (u_5) des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen sechsten Widerstand (34) zugeführt sind und
 - daß der nichtinvertierende Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) mit Bezugspotential verbunden ist.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der achte (42) und der neunte (43) Widerstand gleich groß sind.

14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) einem gesteuerten Rampenbildner (45; 48) zugeführt ist, der zwischen invertierendem und nichtinvertierendem Übertragungsverhalten umschaltbar ist, und
- daß das Vorzeichen des Übertragungsverhaltens in Abhängigkeit von dem Schaltsignal (u_0^*) gesteuert ist.

15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet,**

- daß der gesteuerte Rampenbildner (45) einen zweiten (30) und einen dritten (31) Operationsverstärker aufweist,
- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) dem invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen siebten Widerstand (41) zugeführt ist,
- daß zwischen dem invertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) und Bezugspotential ein von dem Schaltsignal (u_0^*) gesteuerter Schalter (46) angeordnet ist,
- daß die Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11) dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen achten Widerstand (42) zugeführt ist,
- daß die Ausgangsspannung (u_8) des gesteuerten Rampenbildners (45) dem nichtinvertierenden Eingang des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen neunten Widerstand (43) zugeführt ist,
- daß dem invertierenden Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) seine Ausgangsspannung (u_8) über einen Kondensator (35) und die Ausgangsspannung (u_7) des zweiten Operationsverstärkers (30) über einen sechsten Widerstand (34) zugeführt sind und
- daß der nichtinvertierende Eingang des dritten Operationsverstärkers (31) mit Bezugspotential verbunden ist.

16. Schaltungsanordnung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet,** daß der achte (42) und der neunte (43) Widerstand gleich groß sind.

17. Schaltungsanordnung nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß zwischen dem Ausgang des zweiten Operationsverstärkers (30) und dem sechsten Widerstand (34) ein zehnter Widerstand (51) angeordnet ist,
- daß der Verbindungspunkt (52) des zehnten Widerstands (51) mit dem sechsten Widerstand (34) über eine erste Diode (54) mit einer negativen Hilfsspannung ($-U_H$) und über eine zweite Diode (55) mit einer betragsmäßig gleich großen positiven Hilfsspannung ($+U_H$) verbunden ist und
- daß der Betrag der Hilfsspannungen ($-U_H$, $+U_H$) kleiner als der Betrag der Ausgangsspannung (u_7) des zweiten Operationsverstärkers (30) bei Übersteuerung ist.

18. Schaltungsanordnung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zweiter Kondensator (58) parallel zu der Reihenschaltung des sechsten (34) und des zehnten (51) Widerstands angeordnet ist.

19. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rampensteilheit des Rampenbildners (21; 38; 45; 48) größer als die maximale Steilheit des Nutzsignals der Ausgangsspannung (u_1) des Sensors (11; 11'; 78) ist.

20. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der rampenbildenden Schaltungsanordnung (10; 45; 48) mindestens ein lineares Filter (50) nachgeschaltet ist.

21. Schaltungsanordnung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß das lineare Filter (50) ein aktives Tiefpaßfilter zweiter Ordnung mit Einfachmitkopplung ist.

22. Schaltungsanordnung nach Anspruch 20 oder Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß das lineare Filter (50) als Besselfilter ausgebildet ist.

23. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Sensor (11'; 78) und der rampenbildenden Schaltungsanordnung (10) eine Anpassungsschaltung (68) angeordnet ist, die die Amplitude der Ausgangsspannung ($u_{13} - u_{14}$; $u_{85} - u_{82}$) des Sensors (11'; 78) verstärkt.

24. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anpassungsschaltung (68) die Bezugspotentiale (M_{11}' bzw. M_{10}) von Sensor (11') und rampenbildender Schaltungsanordnung (10) entkoppelt.

25. Schaltungsanordnung nach Anspruch 23 oder Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**,

- daß eine erste Ausgangsspannung (u_{13}) des Sensors (11') dem invertierenden Eingang eines vierten Operationsverstärkers (69) über einen elften Widerstand (71) zugeführt ist,
- daß eine zweite Ausgangsspannung (u_{14}) des Sensors (11') dem nichtinvertierenden Eingang des vierten Operationsverstärkers (69) über einen zwölften Widerstand (72) zugeführt ist,

- daß der Ausgang des vierten Operationsverstärkers (69) über einen dreizehnten Widerstand (73) mit dem invertierenden Eingang des vierten Operationsverstärkers (69) verbunden ist und
- daß der nichtinvertierende Eingang des vierten Operationsverstärkers (69) über einen vierzehnten Widerstand (74) mit Bezugspotential (M_{10}) verbunden ist.

26. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensor ein induktiver Wegaufnehmer (11; 11') ist und daß die Amplitude und die Phasenlage der Ausgangsspannung (u_1 ; $u_{13} - u_{14}$) des Wegaufnehmers (11, 11') ein Maß für die Auslenkung (s) eines ferromagnetischen Kerns (15) ist.

27. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensor ein kapazitiver Wegaufnehmer (78) ist und daß die nichtelektrische Größe (s) eine Kapazität (C_1 , C_2) des Wegaufnehmers (78) derart verändert, daß die Amplitude und die Phasenlage der Ausgangsspannung ($u_{85} - u_{82}$) des Wegaufnehmers (78) ein Maß für die nichtelektrische Größe (s) ist.

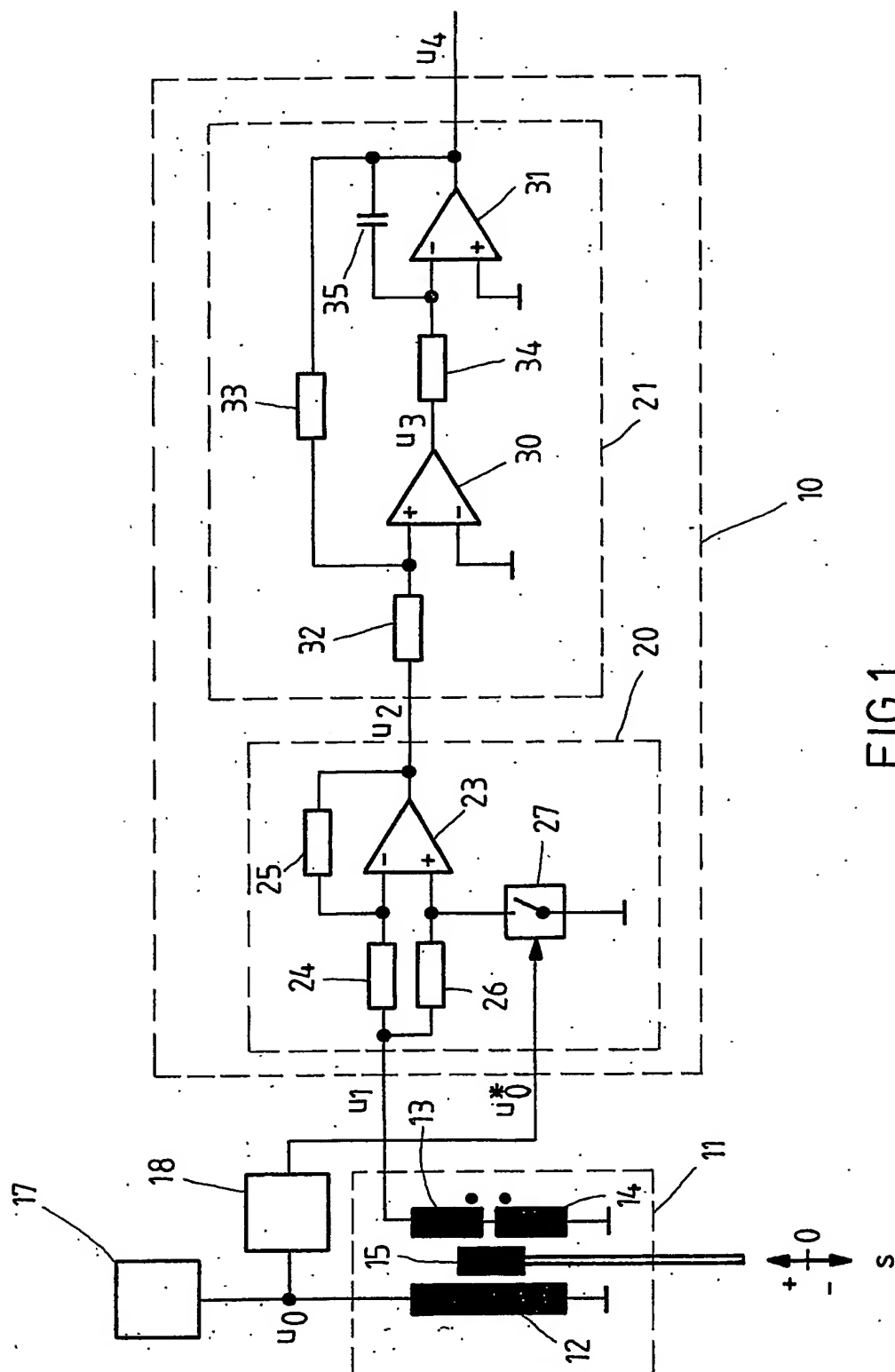


FIG. 1

2/5

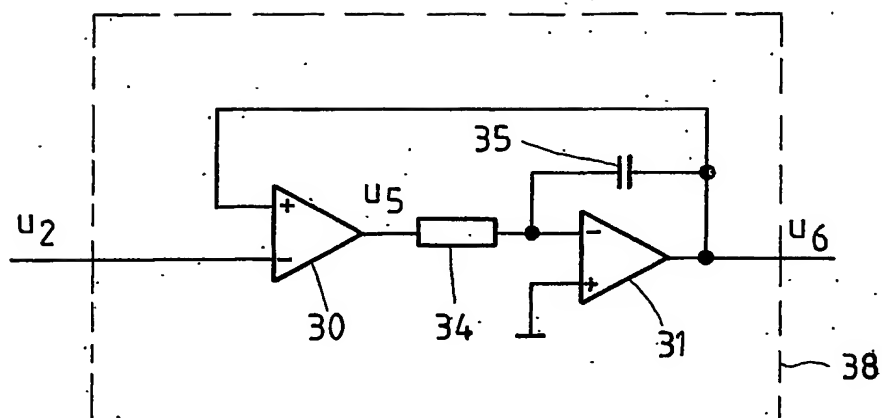


FIG. 2

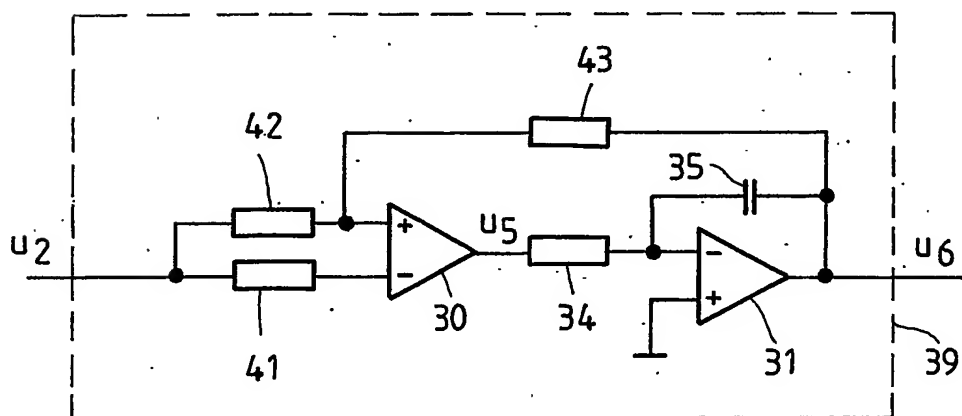


FIG. 3

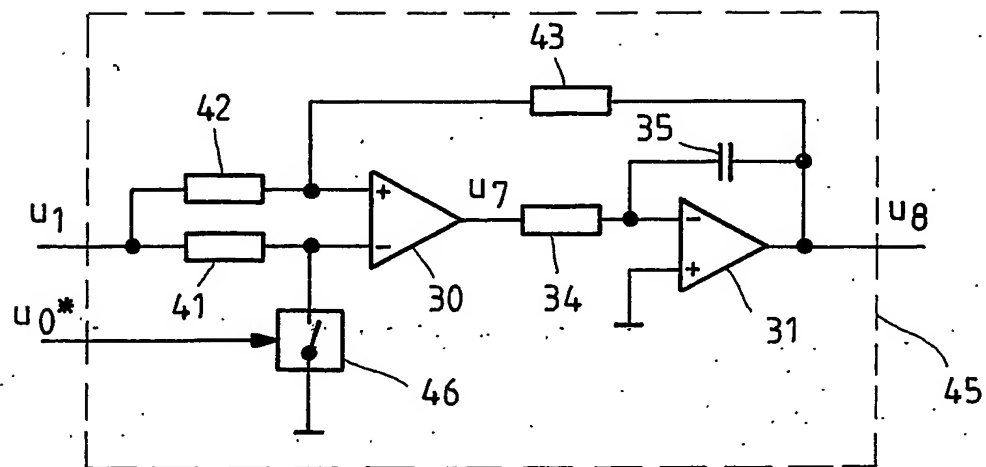


FIG. 4

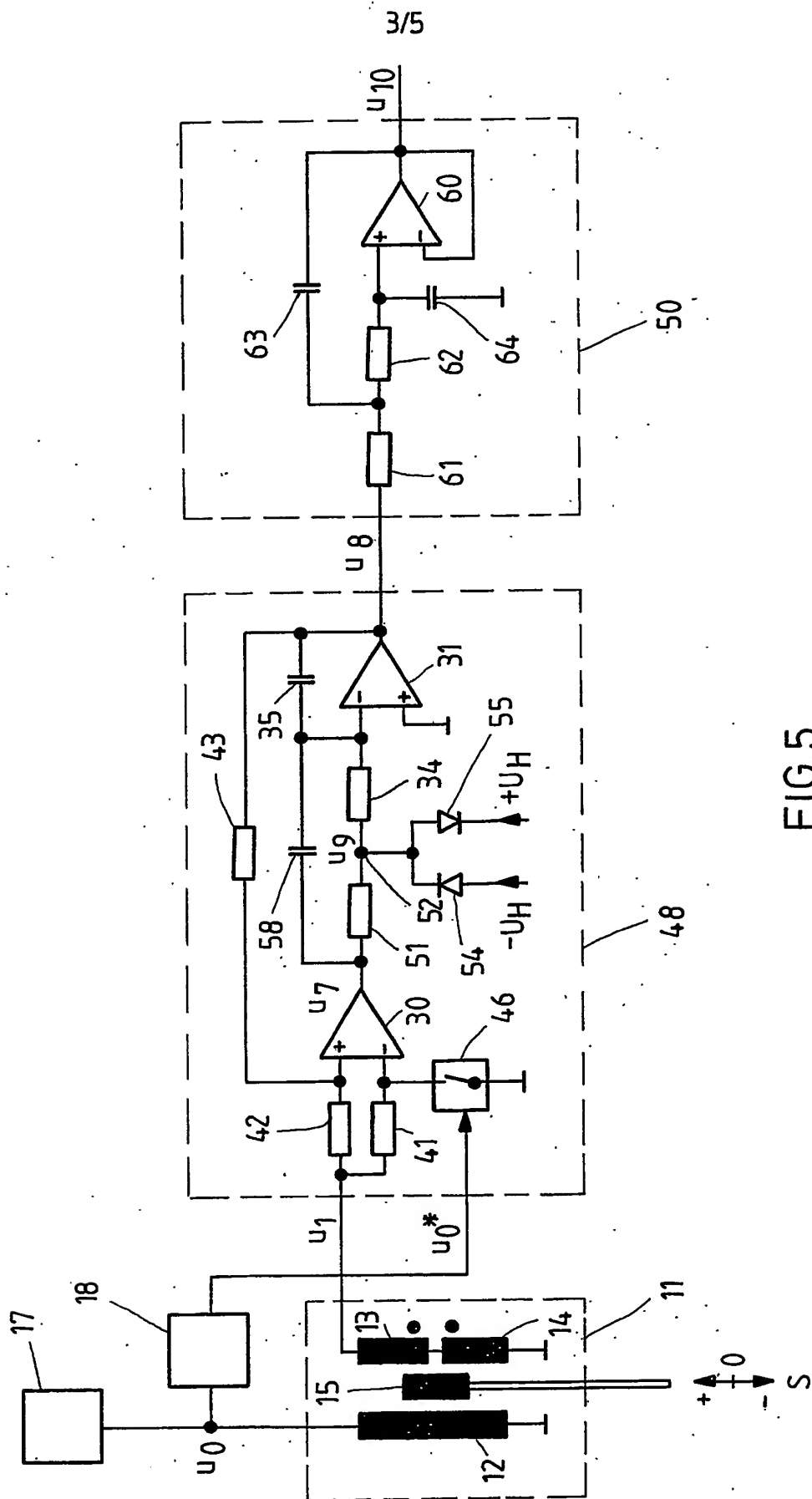


FIG. 5

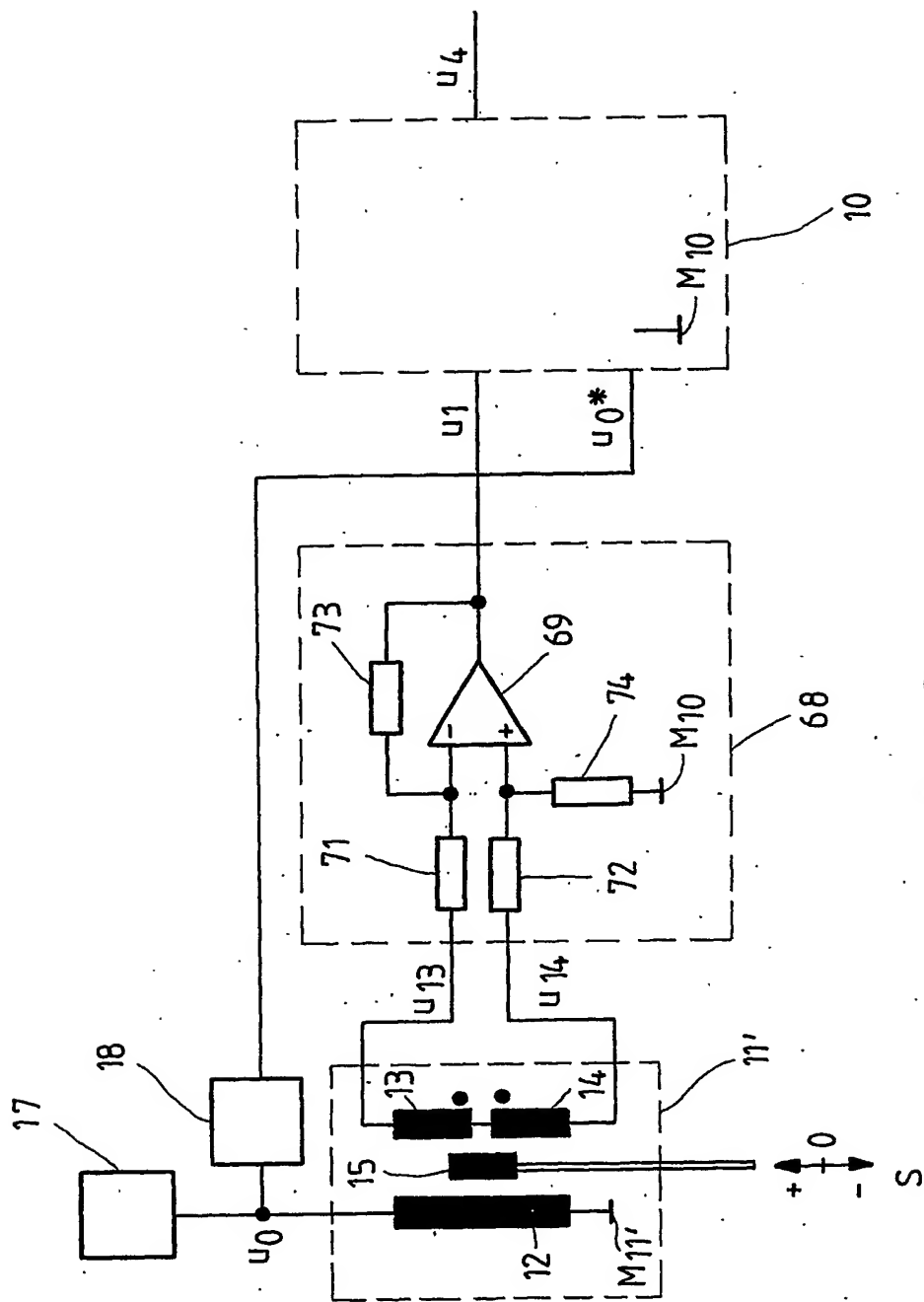


FIG. 6

